

O USO DE TAXAS DE TURBIDEZ DA BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS – QUADRILÁTERO FERRÍFERO/MG – COMO INDICADOR DE PRESSÕES HUMANAS E EROSÃO ACELERADA

Aline Almeida Raposo¹; Luiz Fernando de Paula Barros²; Antônio Pereira Magalhães Júnior³

RESUMO

O presente trabalho visa identificar as principais áreas produtoras de sólidos em suspensão na bacia do alto Rio das Velhas, destacando atividades humanas envolvidas em processos de erosão acelerada e degradação dos cursos d'água. Coincidente com a porção interior do Quadrilátero Ferrífero, esta bacia é palco de diversos conflitos ambientais, principalmente ligados à mineração e à preservação de mananciais para o abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte, o que demanda informações para a gestão ambiental, justificando este trabalho. Foram mapeadas fontes pontuais e difusas de poluição e erosão acelerada em seis sub-bacias e amostradas taxas de turbidez no curso d'água principal das mesmas e em seis pontos ao longo do alto Rio das Velhas. Os resultados mostram que (i) nas bacias dos rios Maracujá e Itabirito se destacam os voçorocamentos, a mineração, os usos agropastoris e o lançamento de efluentes como principais provedores de sedimentos aos rios; (ii) nas bacias dos ribeirões da Prata e Sabará a preservação de áreas verdes se refletiu numa baixa turbidez. Entretanto, este parâmetro deve ser utilizado com cautela, pois a dinâmica sedimentar atual de algumas bacias é muito influenciada pela mineração, sendo caracterizada pela abundância de carga de leito, a qual não é passível de ser constatada pela turbidez.

Palavras-Chave: uso e ocupação do solo; taxas de turbidez; pressões antrópicas.

ABSTRACT

This paper aims to identify the main producing areas of suspended solids in the upper Velhas River basin, highlighting human activities involved in processes of accelerated erosion and degradation of water courses. The intelligence presented in this paper can be applied on environmental management of the area, characterized by conflicts that involve mining and the preservation of water resources. We mapped punctual and diffuse sources of pollution and accelerated erosion in six sub-basins. Turbidity rates were sampled in their main water courses of these basins and in six points along the upper Velhas River. The outcomes showed that in Maracujá and Itabirito basins the gullies, the mining, the agro-pastoral uses and the sewage discharge are the main suppliers of solids to the rivers, on the other hand, the preservation of green areas in Prata and Sabará rivers basins reflected in low turbidity. However, this parameter should be used with caution, because the modern dynamics of some sedimentary basins (due to mining) is characterized by large bed load, which can not be detected by turbidity.

Key Words: land use and land cover; turbidity; anthropogenic pressures.

¹ Graduanda em Geografia (IGC/UFMG), alineraposo13@yahoo.com.br, bolsista PROBIC/FAPEMIG.

² Mestrando em Geografia e Análise Ambiental (IGC/UFMG), luizfpbarros@yahoo.com.br, bolsista CNPq.

³ Professor Adjunto do Departamento de Geografia do IGC/UFMG, magalhaesufmg@yahoo.com.br – Instituto de Geociências (IGC), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Av. Antônio Carlos, nº 6.627, CEP: 31270-901. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação do solo em uma dada área estão diretamente ligados ao contexto socioeconômico-cultural no qual ela se insere. Quando empreendidas de forma inadequada, as intervenções humanas alteram a forma e a intensidade dos processos erosivos naturais, pois atuam nas características que condicionam tais processos, como a topografia, a cobertura vegetal, o regime de escoamento, as características do solo, etc. (FRITZSONS *et al.*, 2003; SALGADO e MAGALHÃES JÚNIOR, 2006; ASSUNÇÃO e CUNHA, 2009). Nesse sentido, processos de erosão acelerada podem evidenciar a perda do equilíbrio natural em uma bacia hidrográfica, levando a alterações que irão se refletir nos ambientes deposicionais fluviais e na qualidade das águas.

Um dos principais parâmetros de qualidade das águas capaz de demonstrar interferências do uso e ocupação do solo de uma bacia na dinâmica fluvial é a turbidez (SILVA *et al.*, 2003). Esta é uma medida direta da quantidade de sólidos em suspensão na água, os quais dificultam a passagem da luz, conferindo-lhe aparência turva. Esses sólidos podem ser de origem natural (partículas de rochas, argila, silte, algas e outros microorganismos) ou antrópica (efluentes domésticos e industriais, microorganismos e erosão acelerada). O estudo de taxas de turbidez associado a recursos geotecnológicos – como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) – tem se mostrado uma eficiente ferramenta para análise do uso e ocupação do solo e sua relação com a qualidade das águas (ALMEIDA e SCHWARZBOLD, 2003; SANTOS, 2005; LOPES *et al.*, 2007; NEVES *et al.*, 2009).

O presente trabalho visa identificar as principais áreas produtoras de sólidos em suspensão na bacia do alto Rio das Velhas, destacando as principais atividades humanas envolvidas em processos de erosão acelerada e degradação dos cursos d'água. Esta bacia possui uma ocupação antiga, relacionada ao Ciclo do Ouro em Minas Gerais. Atualmente a área é palco de diversos conflitos ambientais, principalmente aqueles ligados à mineração e à preservação de mananciais para o abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do Rio das Velhas – é uma das principais tributárias do Rio São Francisco em Minas Gerais. Em seu alto curso ela se insere no domínio geológico/geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero, de modo que, de acordo com Alkmin e Marshak (1998), seu quadro litológico pode ser resumido da seguinte forma: (i) Embasamento Cristalino (Complexo do

Bação), de idade arqueana, composto por granitos, gnaisses e migmatitos; (ii) Supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, composto basicamente por quartzitos, xistos e filitos, constituindo uma seqüência do tipo *greenstone belt*; (iii) Supergrupo Minas, de idade proterozóica, constituído por rochas metassedimentares mais resistentes (quartzitos e itabiritos) e (iv) Grupo Itacolomi, de idade proterozóica, formado basicamente por quartzitos. Ocorre ainda a presença de sedimentos cenozóicos e cangas, dispersos principalmente ao longo dos grandes sinclinais.

O relevo nesta região reflete os contrastes de resistência litológica do Quadrilátero Ferrífero. Encontram-se vales estreitos e fortemente encaixados, com baixo grau de sinuosidade e bruscas mudanças de direção do Rio das Velhas que evidenciam o forte controle litoestrutural (MAGALHÃES JÚNIOR e SAADI, 1994). O relevo é marcado ainda por uma sucessão de sinclinais suspensos e anticlinais escavados, configurando um relevo acidentado, com serras salientes e inúmeras gargantas. As principais cristas correspondem às bases dos sinclinais, que chegam a atingir entre 1.200 m e 1.700 m e são compostas pelas rochas mais resistentes do Supergrupo Minas, preservando os xistos e filitos do Supergrupo Rio das Velhas do rebaixamento vertical. Quando expostas, as rochas deste Supergrupo configuram as terras médias, de altitude entre 1.000 m e 1.100 m. Já na área do embasamento se encontra uma grande depressão, de relevo mais suave e planícies marcantes.

Quanto à vegetação, campos de altitude ocorrem sobre neossolos litólicos, oriundos das rochas resistentes ao intemperismo. Já em áreas de xistos e filitos normalmente se encontram cambissolos, sobre os quais a vegetação primária é a floresta semidecidual. Nas porções mais elevadas do embasamento se encontram campos cerrados (SANTOS, 2008) e nas áreas de planícies e ao longo da rede de drenagem existem ainda partes preservadas ou reflorestadas de mata galeria.

O clima predominante na bacia é o tropical semi-úmido de altitude, apresentando verão úmido e moderadamente quente e inverno seco e ameno. As precipitações máximas totais mensais apresentam valores acima de 900 mm, três vezes mais que a média do mês mais chuvoso (CHEREM, 2008).

A ocupação nesta região remonta ao ciclo do ouro, sendo que com a exaustão deste mineral o ferro passou a ser o recurso mais explorado, o que modificou o panorama das cidades do alto Rio das Velhas e também gerou impactos ambientais, tanto das atividades mineradoras, quanto da utilização de recursos florestais (CAMARGOS, 2005). A partir da década de 1960 a região é marcada pelo surto de industrialização e urbanização, levando à

concentração populacional nas áreas urbanas. A ocupação na bacia foi marcada por uma exploração desenfreada de seus recursos naturais, o que deixou marcas importantes para a compreensão de processos de erosão, poluição e degradação que ocorrem atualmente.

A metodologia do trabalho – foi baseada em amostragens de taxas de turbidez e no mapeamento de uso e ocupação do solo e feições erosivas. Para as amostragens foram selecionados 12 pontos, sendo seis deles próximos à foz de sub-bacias (Maracujá, Itabirito, dos Macacos, Água Suja, da Prata e Sabará) e seis ao longo do alto Rio das Velhas, sendo um à montante e outro à jusante de sua confluência com os tributários selecionados (Fig. 1).

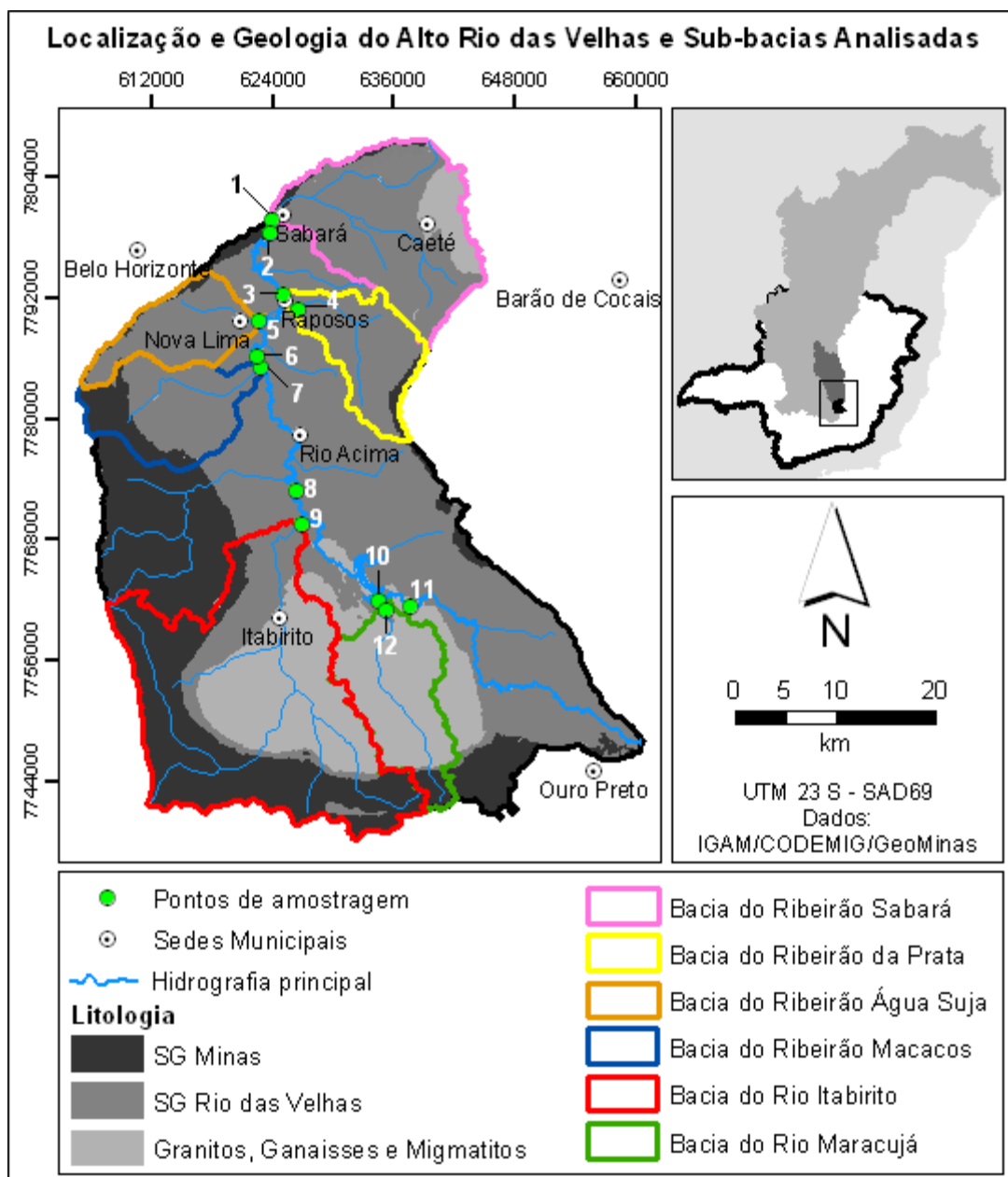


Figura 1: Localização e contexto geológico das bacias analisadas.

A localização desses pontos foi determinada pelas condições de acesso para a amostragem em campo e pela representatividade e significância das sub-bacias. Foram realizadas duas visitas de campo, permitindo uma amostragem na estação chuvosa (abril/2009) e outra na estação seca (setembro/2009) da região. A definição das taxas de turbidez das amostras coletadas foi feita com a utilização de um turbidímetro (Turbidímetro Plus AlfaKit⁴).

Para o mapeamento dos usos e ocupação do solo foi utilizada uma metodologia desenvolvida no Laboratório de Geoprocessamento do IGC/UFMG para a utilização de imagens de satélite de alta resolução do *Google Earth PRO*[®] georreferenciadas no *software ArcView 9.2*. A metodologia consiste em: confecção de um *grid* de coordenadas georreferenciado (UTM, WGS84) no *software ArcView*, com coordenadas X e Y variando de 1000 em 1000 m; exportação do *grid* criado para o *Google Earth PRO*[®]; desabilitação da opção “*terrain*” (visualização em 3D); captura das imagens com resolução “*Premium*”, contendo o *grid* exportado, utilizando recursos do próprio *software*; georreferenciamento da imagem capturada a partir do *grid* de coordenadas criado anteriormente e pontos de controle de campo. Informações obtidas em campo também foram utilizadas para atualizar e corrigir as interpretações das imagens orbitais.

As categorias de mapeamento foram definidas considerando sua potencial interferência nas taxas de turbidez. Ao se distinguir a cobertura vegetal, por exemplo, optou-se por uma diferenciação pelo porte, associado à proteção do solo, e não pela variação de espécies. Vale ressaltar que este trabalho contou com os resultados de mapeamentos de pressões antrópicas das bacias dos rios Itabirito e Maracujá realizados em pesquisas anteriores, respectivamente Oliveira *et al.* (2009) e Raposo *et al.* (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores das taxas de turbidez obtidos em cada ponto de amostragem nos períodos chuvoso e seco podem ser observados na Fig. 2. De um modo geral, a turbidez apresentou menores taxas na estação seca. Almeida e Schwarzbald (2003) atentam para o fator sazonal que interfere na qualidade da água, conseqüentemente na análise da turbidez, devido às variações na pluviosidade e vazão dos rios. Porém, tanto o rio Itabirito como o Rio das Velhas

⁴ Aparelho com sensor óptico digital e escala automática. Faixa de medição de 0 a 1000 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Resolução de 0,01UNT. Espectro de emissão de 880 nm.

à jusante da confluência apresentaram valores de turbidez maiores no período seco que no chuvoso. Isso indica a menor capacidade de diluição dos sólidos em suspensão nos períodos de fluxos mais baixos, pois mantido o fornecimento de sólidos (principalmente em razão do lançamento de efluentes), com a redução das vazões as concentrações aumentam.

A fim de facilitar as análises foram utilizadas as médias das taxas de turbidez amostradas na discussão dos resultados (Fig. 2). A Tab. 1 apresenta a porcentagem por área da bacia relacionada a cada categoria de uso e ocupação mapeada em cada sub-bacia. A discussão será feita a partir das bacias de montante para jusante.

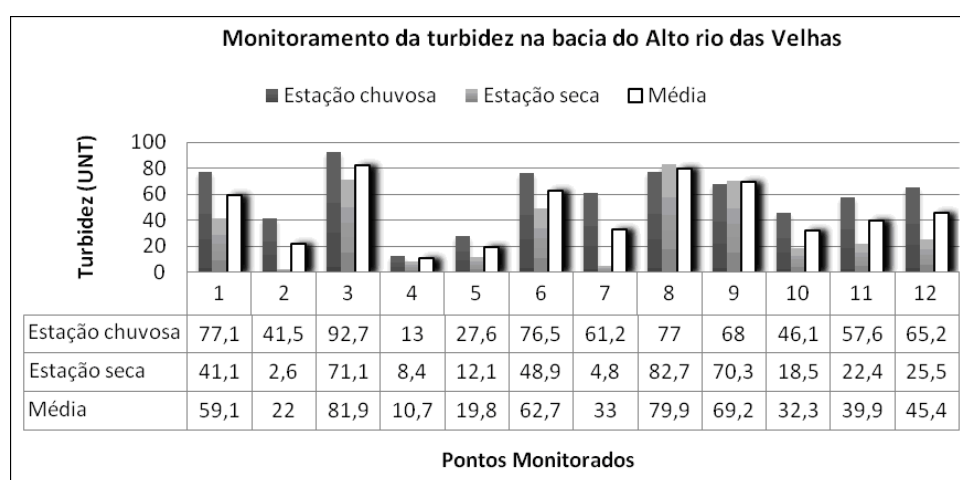










Figura 2: Taxas de turbidez amostradas na bacia do alto Rio das Velhas.

A bacia do Rio Maracujá apresenta a segunda maior contribuição de sedimentos em suspensão para o Rio das Velhas, tendo apresentado um valor médio de 45,36 UNT. Como se observa na Fig. 3, na bacia do Rio Maracujá é possível verificar a presença de vegetação arbórea principalmente nas áreas de cabeceira de drenagem no Embasamento. Nas regiões próximas aos cursos d'água percebe-se uma perda da mata ciliar em razão de usos como os urbanos, agropastoris e atividades de extração. Raposo *et al.* (2009) constataram que nesta bacia as Áreas de Preservação Permanente (APP's) somam cerca de 26% da área total da bacia. No entanto, atualmente 21% dessa área se encontra ocupada por atividades humanas. Copper *et al.* (1987)⁵ *apud* Santos (2005) constataram que a movimentação de sedimentos em áreas agrícolas é retida em cerca de 80% a 90% pela mata ribeirinha, comprovando a importância de sua preservação. Após a confluência com este tributário o Rio das Velhas

⁵ COPPER, J. R., Gilliam, J. W, Daniels, R.B., Robarge, W.P. Riparian areas as filters for agriculture sediment, *Soil Science Society of America Journal*, 1987. (51): 416-420

eleva sua taxa de turbidez, mas esta elevação se mostra pequena em relação àquela percebida à jusante do Rio Itabirito. Em campo foi constatada a presença de uma grande barra arenosa logo após a foz do Rio Maracujá, além de uma grande perda de profundidade da calha. Isso mostra que o este rio contribui não somente com carga em suspensão para o Rio das Velhas, mas também com muita carga de leito, sobretudo arenosa. O Rio das Velhas, no entanto, não vem sendo capaz de transportar por completo a carga que lhe é acrescentada, passando a entulhar neste ponto, onde há dragagem do material aluvial acumulado. Certamente a proximidade da represa Rio de Pedras contribui para isso, pois diminui a energia do rio.

Tabela 1: Dados percentuais de uso e ocupação do solo das sub-bacias selecionadas.

Classe	Descrição	Imagem	Resultados (% de Área da bacia)					
			Itab	Mar	Mac	AgS	Pra	Sab
Atividades de Mineração	Cavas de mineração e áreas relacionadas, dragagens e áreas de depósito, etc.		3	0,3	11,4	5,3	0	1,9
Focos de Erosão Acelerada	Sulcos, ravinas e voçorocas.		1	3	0,8	0	0	0
Sem Informação	Áreas cobertas por nuvens e suas sombras.		-	-	11,2	4,9	0	4,2
Solo Exposto	Vertentes expostas por movimentos de massa e taludes de estrada sujeitos a erosão.		0,5	1	0,2	1,1	0,1	0,2
Usos Agropastoris	Áreas relacionadas à agricultura e à pecuária.		14,5	20	8,6	7,7	7,5	17,8
Usos Urbanos	Atividades industriais, cidades, vilas e povoados.		1,7	6	7,7	21,7	0,7	5,4
Vegetação Arbórea	Capões de mata, mata ciliar, mata estacional semi-decidual.		34,1	29,9	39,1	35,9	49,3	56,2
Vegetação Herbáceo-arbustiva	Áreas de cerrado e campos rupestres.		45,1	39,8	21,7	23,7	42,5	13,9

Por sua vez, a bacia do Rio Itabirito foi a que apresentou a média de turbidez mais elevada. Isso pode ser relacionado principalmente à contribuição de sedimentos em suspensão de suas sub-bacias no período chuvoso e pela área urbana (lançamento de efluentes) no período seco. O Rio das Velhas antes da confluência com o Itabirito apresentou um valor médio de turbidez de 39,99 UNT. Após a confluência este valor quase duplica, chegando a 79,86 UNT, o segundo maior ao longo de todo o alto Rio das Velhas, o que mostra o papel marcante da bacia do Rio Itabirito na produção de sólidos em suspensão.

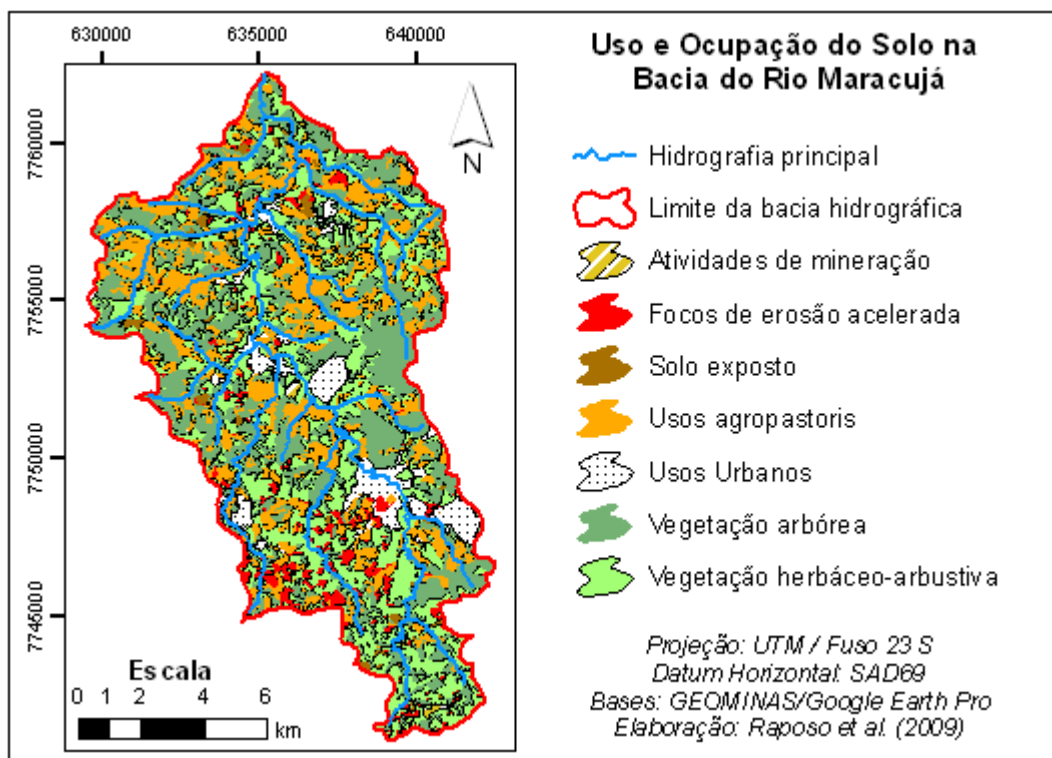


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Maracujá.

Como se observa no mapa da Fig. 4, a bacia do Rio Itabirito possui uma quantidade relevante de vegetação de porte arbóreo (34,1%), concentrada principalmente em áreas do Embasamento Cristalino, onde o solo é mais desenvolvido, e ao longo dos cursos d'água. Apesar disso, essa área ainda é muito utilizada para o desenvolvimento de atividades agropastoris, devido à disponibilidade hídrica, aos solos mais propícios aos cultivos e ao relevo mais suave para a criação de rebanhos. Arcova e Cicco (1999) e Almeida e Schwarzbald (2003) constataram valores de turbidez maiores em áreas de agricultura e pecuária que em áreas florestadas, já que aquelas favorecem a compactação e exposição do solo. Como lembram Prato *et al.* (1989), a agricultura é fonte de poluição difusa contribuindo com cerca de 46% de sedimentos aos cursos d'água. Já as áreas de vegetação herbáceo-

arbustiva estão presentes principalmente nas regiões mais elevadas da bacia, com destaque para o Sinclinal Moeda devido às rochas mais resistentes que não propiciam um solo bem desenvolvido. A mineração é bastante comum nesta sub-bacia, estando concentrada em áreas com rochas ricas em ferro do Supergrupo Minas (itabiritos). A mineração é uma atividade fortemente impactante, pois ao provocar desmatamento, revolvimento de solo e alteração do relevo natural ela pode promover a erosão e a contaminação dos cursos d'água por resíduos. Outros impactos associados à mineração podem ser o assoreamento, o aumento da turbidez, e a contaminação por metais pesados. A atividade de dragagem se concentra ao longo do Ribeirão do Saboeiro, que apresenta marcantes trechos de assoreamento crítico (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Por fim, os focos de erosão acelerada nesta bacia estão geralmente relacionados à erosão remontante nas cabeceiras das principais sub-bacias em áreas do Supergrupo Minas, ou então se encontram nas áreas do Embasamento Cristalino.

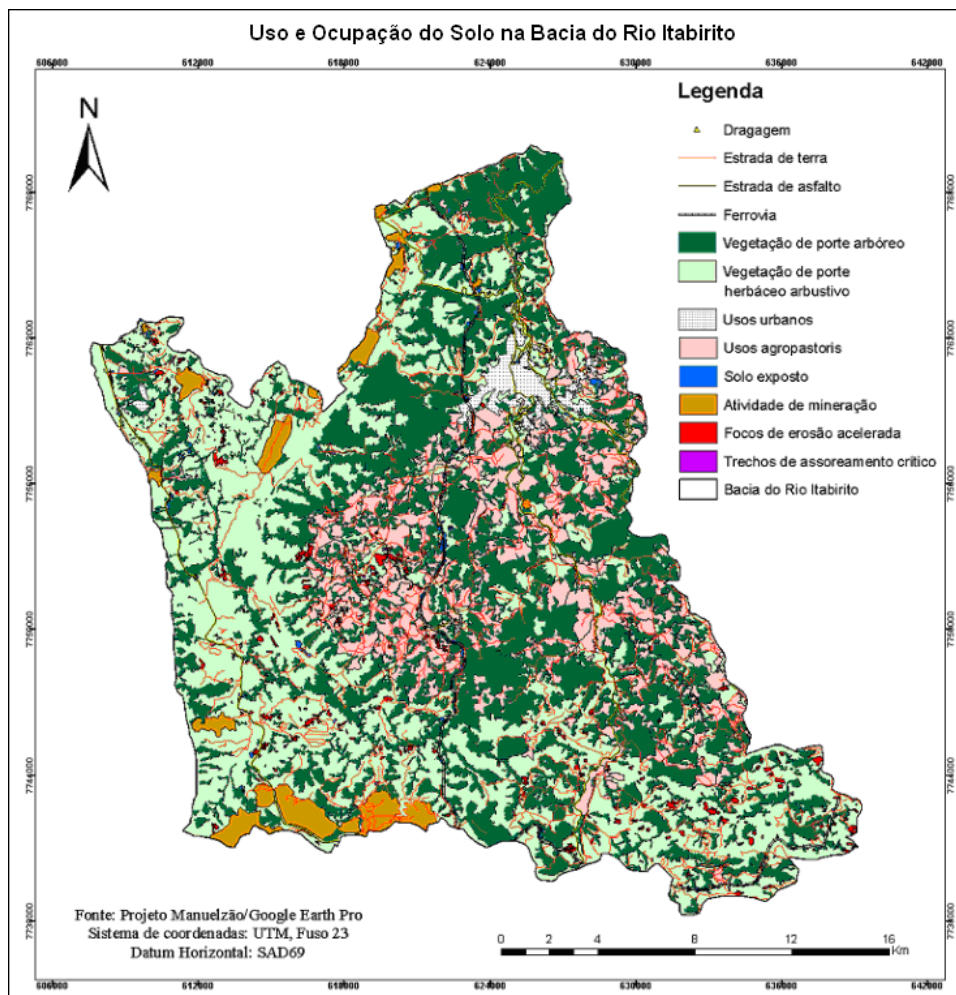


Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Itabirito. *Fonte: Oliveira et al. (2009).*

Vale observar que a elevada turbidez apresentada pelas sub-bacias dos rios Itabirito e Maracujá tem forte relação com os abundantes voçorocamentos encontrados na área do Embasamento Cristalino, onde as rochas possuem elevada fragilidade natural. Entretanto, os voçorocamentos podem ser originados e intensificados por atividades humanas. Bacellar *et al.* (2001; 2005) destacam que na bacia do Rio Maracujá cerca de 70% das voçorocas estão diretamente associadas a atividades antrópicas, como o desmatamento e a construção de cercas, estradas, ou de qualquer outra obra que tenha interferido diretamente no regime hidrológico local atuando na concentração de fluxos superficiais de água. O fluxo concentrado pode ter energia suficiente para erodir os horizontes superficiais dos solos (pouco erodíveis) e atingir os saprólitos (muito erodíveis).

A bacia do Ribeirão dos Macacos possui características de uso e ocupação semelhantes às da bacia do Córrego Água Suja, porém se destaca a área relativa à mineração, que em percentuais é a maior dentre as sub-bacias estudadas (Fig. 5; Tab. 1). A turbidez do Rio das Velhas após a confluência com o Ribeirão Macacos diminui em relação ao ponto anterior, apesar deste apresentar a terceira maior turbidez dentre os afluentes. Isso pode significar que a elevada quantidade de sólidos acrescentada anteriormente pelo Rio Itabirito é diluída pelo acréscimo de água sem grande quantidade de sedimentos por parte de outros afluentes deste trecho (não amostrados), ou que há pontos neste trecho (poços) que estejam atuando na retenção desses sedimentos. Se a carga de sedimentos em suspensão acrescentada pelo Ribeirão dos Macacos não impacta significativamente o Rio das Velhas, o mesmo não vale para a carga de leito. A quantidade de carga grosseira que chega ao Ribeirão é tão grande que entulhou sua calha a ponto de mantê-la suspensa em relação à lâmina d'água do Rio das Velhas e de construir um cone aluvial em sua foz (Fig. 6). Este cone se comporta com uma barreira aos fluxos na calha do Rio das Velhas, provocando o turbilhonamento da água, o que pode levar ao revolvimento de sedimentos outrora depositados. A grande quantidade de carga grosseira está ligada à intensa atividade de mineração nesta bacia. Essa mesma atividade nas cabeceiras do Rio Maracujá também provocou o entulhamento da calha de tal forma que na estação seca em alguns trechos do rio os fluxos superficiais são mínimos, expondo uma enorme quantidade de areia (Fig. 6).

Na bacia do Córrego Água Suja se observa a relevância da área urbana (Nova Lima), na porção central da mesma, e de áreas de mineração no norte e sudoeste da bacia, onde se encontram as formações ferríferas. Associada às litologias resistentes do Supergrupo Minas e às partes altas do Supergrupo Rio das Velhas ocorre a vegetação de porte herbáceo-arbustivo.

A agricultura aparece espalhada pela bacia, e se refere principalmente a sítios e chácaras. A vegetação de porte arbóreo, por sua vez, se concentra na porção nordeste da bacia (Fig. 5).

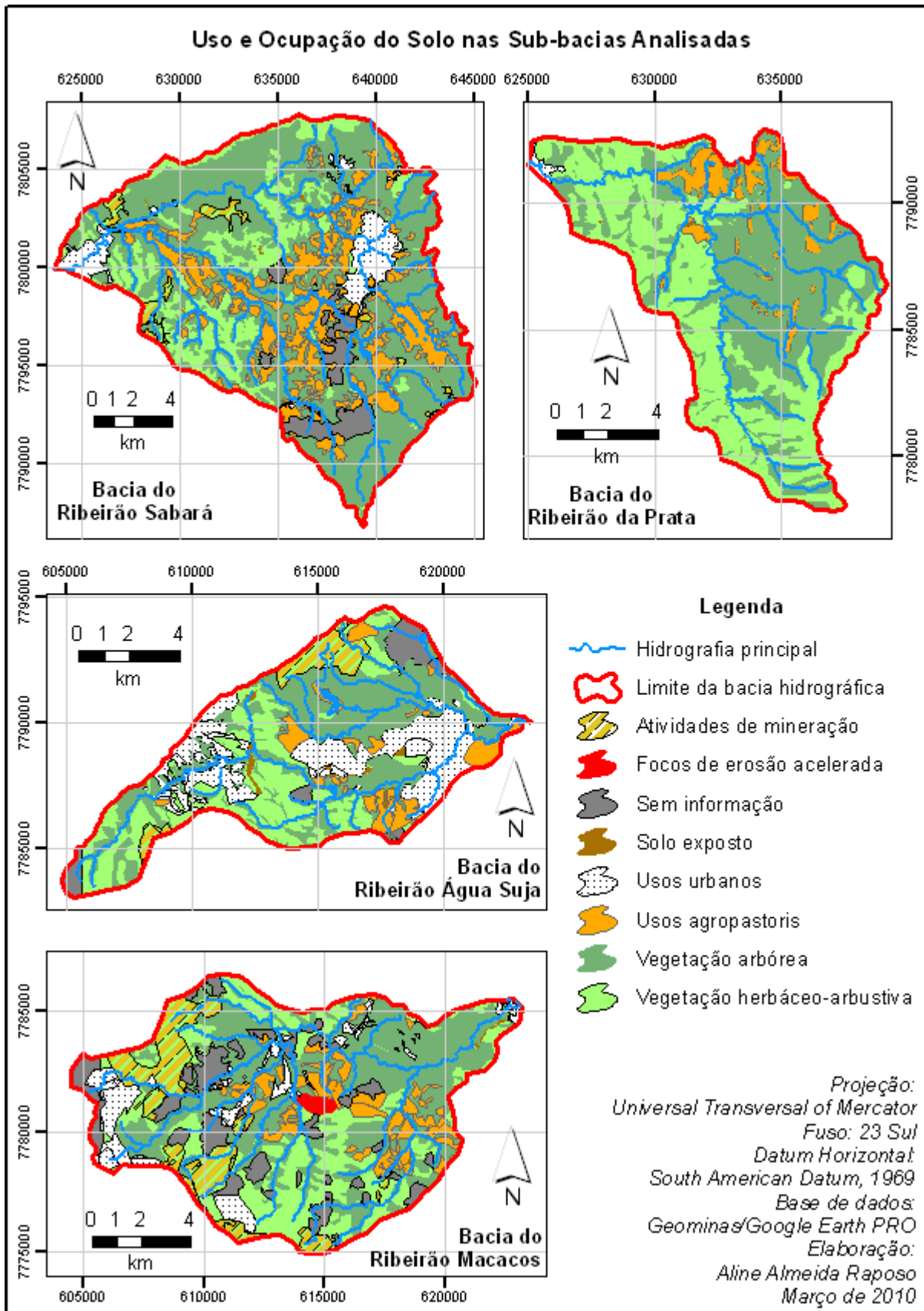


Figura 5: Mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias dos ribeirões Sabará, da Prata, Água Suja e Macacos.



Figura 6: Assoreamento relacionado à mineração nos afluentes Macacos e Maracujá e os impactos no Rio das Velhas em sua confluência com os mesmos.

O maior valor de turbidez encontrado ao longo do Rio das Velhas se refere ao Ponto 3, à jusante da bacia do Ribeirão da Prata. Os dados de uso e ocupação desta sub-bacia (Tab. 1; Fig. 5) permitem afirmar que este elevado valor de turbidez não possui relação única com a mesma. Isso porque de todas as sub-bacias selecionadas esta foi a que apresentou uma maior preservação de suas áreas verdes. Como se observa na Fig. 5, na bacia do Ribeirão da Prata ocorre uma presença significativa de vegetação arbórea nas áreas de cabeceiras de drenagem, em fundos de vale (mata ciliar) e em partes mais baixas da bacia. Encontra-se também uma expressiva área de vegetação de porte herbáceo-arbustivo, também em áreas de cabeceiras e em interflúvios localizados na porção leste da bacia, onde a altimetria é mais elevada. Trata-se de campos de altitude e rupestres, pois ocorrem sobre rochas resistentes, como quartzitos e itabiritos, presentes nos topos e cristas das serras. Usos antrópicos ocorrem na porção norte da

bacia em áreas ocupadas por uso agropastoril e numa pequena área a noroeste, ocupada pela mancha urbana de Raposos. Desse modo, o fato da turbidez no Rio das Velhas apresentar um valor elevado após a confluência com o Rio da Prata revela que existem outros fatores que interferem no aumento desta turbidez. Estes podem estar relacionados a fontes pontuais de poluição como lançamentos de efluentes, ou ainda a outras sub-bacias à montante como, por exemplo, a bacia do Ribeirão Água Suja. Dados de monitoramento do IGAM de 2004 revelam elevados valores nas taxas de turbidez nesta bacia, além dela ser considerada de nível ruim no Índice de Qualidade de Água (IQA). Conforme exposto no relatório do IGAM (2004, pág. 63) este resultado “reflete a incidência de processos erosivos nesta sub-bacia causando o transporte de sólidos em épocas de chuvas intensas das áreas desprovidas de vegetação, áreas de exploração mineral ou de passivos ambientais e de áreas urbanas”. Neste caso, a análise baseada apenas em dados de uso do solo não permite explicar a elevada turbidez verificada, podendo haver condicionantes naturais para isso, como a elevada erosividade dos rios da borda leste da bacia do alto Rio das Velhas.

Por fim, a bacia do Ribeirão Sabará é rica em usos agropastoris, sobretudo pastagens, ficando as áreas agrícolas restritas à porção sudeste (Fig. 5). Percebe-se em sua porção central uma perda significativa da mata ciliar para este uso e para o uso urbano. Ainda assim, esta bacia possui a maior porcentagem de mata preservada de todas as sub-bacias (56,2%), o que pode favorecer a retenção de sedimentos, os quais poderiam ocasionar a elevação da turbidez e o assoreamento se chegassem aos cursos d'água. Dessa forma, a turbidez revelada nesta sub-bacia pode estar mais relacionada ao lançamento de efluentes que a processos erosivos. Destaca-se ainda que no trecho em que cruza a cidade de Sabará o Ribeirão é canalizado, o que compromete sua dinâmica hidrossedimentar natural. Vale observar que à montante da confluência com este Ribeirão o Rio das Velhas apresentou alto valor de turbidez (81,9 UNT), mas à jusante este valor cai para 59,1 UNT. Isso nos releva que, em razão de sua turbidez relativamente baixa, o Ribeirão Sabará contribui para a diluição dos sólidos em suspensão no Rio das Velhas, ou então que, mais uma vez, há fatores estruturais forçando a sedimentação desses sólidos entre os pontos 3 e 1.

CONCLUSÕES

O mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do alto Rio das Velhas associado a um acompanhamento da qualidade da água por meio de taxas de turbidez permitiu levantar atividades humanas envolvidas em processos de erosão acelerada e assoreamento das calhas

fluviais. Os principais resultados apontam que: (i) nas bacias dos rios Maracujá e Itabirito, principais fornecedores de sólidos em suspensão ao Rio das Velhas, a mineração, os usos agropastoris e o lançamento de efluentes se destacam como os principais fornecedores de sedimentos aos cursos d'água, o que se soma à intensa fragilidade natural das rochas do Embasamento Cristalino, que propiciam a formação de espessos mantos de intemperismo e o desenvolvimento de centenas de voçorocamentos; (ii) nas bacias dos ribeirões dos Macacos e Água Suja se destacam o lançamento de efluentes, a mineração e os usos agropastoris; (iii) nas bacias dos ribeirões da Prata e Sabará se percebe uma maior preservação das áreas verdes, o que se reflete em baixas taxas de turbidez; (iv) condicionantes litoestruturais podem estar atuando na retenção de sedimentos ao longo do Rio das Velhas, pois em dois trechos foi percebida uma redução das taxas de turbidez em direção à jusante.

Entretanto, é preciso considerar que a turbidez deve ser utilizada com cautela como indicador de qualidade ambiental e da água nesta e em outras bacias. Isso porque, como se observou nas sub-bacias dos rios Maracujá e Macacos, em sua dinâmica sedimentar atual elas tendem a mobilizar para os cursos fluviais grande quantidade de carga arenosa, a qual não é passível de ser constatada nas taxas de turbidez. A mineração foi apontada como principal responsável por essa dinâmica nestas bacias, ainda que para a bacia do Rio Maracujá seja necessário destacar também os voçorocamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Recursos Hídricos (CNPq) – IGC/UFMG; ao Laboratório de Geomorfologia do IGC/UFMG; ao CNPq e à FAPEMIG pela concessão de bolsas e financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALKMIN, F.F.; MARSCHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90:29-58, 1998.

ALMEIDA, M. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 8, n. 01 p. 81- 97, 2003 .

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, A., Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo, *Scientia Forestalis*. (56): 125-134, 1999.

ASSUNÇÃO, J. C.; CUNHA, S. B. Relações entre o Crescimento Urbano Desordenado e a Qualidade das Águas Fluviais na Cidade do Rio de Janeiro. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, Viçosa/MG. *Anais... A Geografia e as Dinâmicas de Apropriação da Natureza*. Viçosa: Cópias & Cópias, 2009. p. 01-14.

BACELLAR, L. A. P.; COELHO NETO, A. L.; LACERDA, W. A. Controlling factors of gullyng in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, Inglaterra: v. 30, p. 1369-1385, 2005.

BACELLAR, L. A. P.; COELHO NETO, A. L.; LACERDA, W. A. Fatores condicionantes do voçorocamento na bacia hidrográfica do rio Maracujá, Ouro Preto, MG. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Goiânia. [*Anais eletrônicos...*]. São Paulo: ABGE, v. 1, CD ROM, 2001.

CAMARGOS, L. M. M.. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004/ Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.)*. - Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228 p.

CHEREM, L. F S. *Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas: comparação de metodologias e dados*, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais*, Minas Gerais, 2008. 96 pg.

FRITZSONS, E.; HINDIL, E. C.; MANTOVANI, L. E. RIZZI, N. E. Conseqüências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. *Floresta*, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 201-214, maio/ago, 2003.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2003*. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 161 p.

LOPES, F. W. A., DUTRA, G. C., PEREIRA, J.A.A., TAVARES, C. L. M. Avaliação da influência das áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis, *Anais...* INPE, p 3421-3428, 2007.

MAGALHÃES JR, A. P.; SAADI, A. Ritmos da Dinâmica Fluvial Neo-Cenozóica Controlados por Soerguimento Regional e Falhamento: O Vale do Rio das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, Belo Horizonte-MG; v. 2, n. 1, p. 42-54, 1994.

OLIVEIRA, L. A. F.; CARVALHO, A.; RAPOSO, A. A.; MAGALHÃES JR., A. P. Análise das taxas de turbidez da bacia do rio Itabirito (Quadrilátero Ferrífero-MG) e suas relações com os usos e coberturas do solo da bacia. In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 13, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV. v. 1. p. 450-465, 2009.

NEVES, S. M. A. S.; CASARIN, R.; NEVES, R. J. Implicações do uso da terra na qualidade das águas dos cursos fluviais da bacia hidrográfica do rio Paraguai-Jauquara/MT. In: 2 Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá. *Anais...* Campinas/SP : Embrapa/Inpe, 2009. p. 527-536.

PRATO, T; SHI, H; RHEW, R; BRUSVEN, M. *Soil erosion and nonpoint-source pollution control in an Idaho watershed. Journal of Soil and Water conservation.* 44: 323-328, 1989.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JR., A. P. O Parâmetro de Turbidez das Águas como Indicador de Impactos Humanos na Dinâmica Fluvial da Bacia do Rio Maracujá Quadrilátero Ferrífero/MG. In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 13, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV. p. 94-95, 2009.

SALGADO, A. A. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos da Silvicultura de Eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté / MG. *Geografias*, v. 2, p. 47-57, 2006.

SANTOS, N. A. P. *Uma abordagem Metodológica para determinar a influência do uso e cobertura do solo como fonte de poluição difusa na alteração da qualidade da água na bacia*

do Rio das Velhas. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2005. 120 pg.

SANTOS, G. B. *Geomorfologia Fluvial no Alto Vale do Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero - MG: Paleoníveis Depositionais e a Dinâmica erosiva e deposicional atual*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008. 130 pg.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 2003. 114 p.